Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 11, No. 2, 2020, p. 36-49 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v11i2.74730

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره)۱۱ شمارۀ۲، نیمۀ دوّم ۱۳۹۹
صفحۀ ۴۹-۳۶، نوع مقاله: پژوهشی

تغییرات تسهیم و انتقال مجدد مواد پرورده در ماشک دیم (*Vicia sativa*) رقم مراغه تحت تأثیر کودهای بیولوژیک و آبیاری تکمیلی در سیستم تلفیقی درخت-گیاه زراعی

سعید حیدرزاده[1]، جلال جلیلیان[2]*، علیرضا پیرزاد[3] و رشید جامعی[4]

۱- دانشجوی سابق دکتری زراعت، دانشکدۀ کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران؛ s.heydarzadeh@urmia.ac.ir
۲- دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی ، دانشکدۀ کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران؛ J.Jalilian@urmia.ac.ir
۳- استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکدۀ کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران؛ a.pirzad@urmia.ac.ir
۴- دانشیار گروه زیست‌شناسی دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران، r.jamei@urmia.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۵/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲۲

چکیده

تولید، انتقال مجدد و بهبود ویژگی‌های کیفی گیاهان زراعی به‌ویژه تحت تنش کم‌آبی از مبانی اساسی تعیین و بررسی اختلاف عملکرد در گونه‌ها و رقم‌های زراعی است. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشگاه ارومیه در دو سال زراعی (۱۳۹۵ و ۱۳۹۶) انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل کشت دیم و یک بار آبیاری تکمیلی به عنوان فاکتور اول و تیمار کاربرد کودهای زیستی در هشت سطح (شاهد، قارچ میکوریزا، ازتوباکتر، تیوباسیلوس، ازتوباکتر+ قارچ میکوریزا، تیوباسیلوس+ قارچ میکوریزا، ازتوباکتر+تیوباسیلوس و ازتوباکتر+ تیوباسیلوس+ قارچ میکوریزا) به عنوان فاکتور دوم بودند. نتایج نشان داد با انجام آبیاری تکمیلی تعداد غلاف در بوته ماشک افزایش یافت؛ اما بیشترین میزان و کارآیی انتقال مجدد مواد فتوسنتزی و درصد پروتئین علوفه ماشک در شرایط دیم به‌دست آمد. همچنین تعداد غلاف در بوته و پروتئین علوفه ماشک تحت تأثیر کاربرد کودهای زیستی افزایش معنی‌داری یافتند؛ در حالی که بیشترین میزان و کارآیی انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ماشک در تیمار بدون کاربرد کود زیستی (شاهد) به‌دست آمد. گیاهان ماشک در شرایط آبیاری تکمیلی و کاربرد ترکیبی قارچ میکوریزا و ازتوباکتر به واسطه دارابودن حداکثر میزان کلونیزاسیون ریشه (۶۳/۴۵ درصد) و محتوای رطوبت نسبی بالا (۶۹/۵۰ درصد)، بیشترین تعداد دانه در بوته (۲۰/۹۴ عدد) و وزن۱۰۰۰دانه (۴۴/۷ گرم) را دارا بودند که در نتیجه منجر به حصول حداکثر عملکرد دانه (۱۸۷۳/۲ کیلوگرم در هکتار) گردید. لذا، کاربرد تلفیقی کودهای زیستی در شرایط آبیاری تکمیلی جهت افزایش تولید ماشک در سیستم تلفیقی درخت-گیاه زراعی می‌تواند موجب بهبود خصوصیات کمی و کیفی آن شود که در راستای کشاورزی پایدار نیز می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ازتوباکتر، تیوباسیلوس، کارآیی انتقال مجدد، کشاورزی پایدار، میکوریزا

مقدمه

ماشک یکی از گیاهان خانواده بقولات است که به طور وسیع در زیست‌بوم‌های زراعی به عنوان گیاه پوششی، کشت می‌شود و در کاهش فرسایش، کنترل آفات و علف‌های‌هرز و بهبود حاصلخیزی خاک نقش مهمی دارد (Campiglia *et al*., 2010). شکل رویشی ماشک، نیمه‌رونده بوده و از هر بوته تعدادی ساقه‌ی اصلی با انشعابات فرعی خارج می‌شود که از آن می‌توان به صورت‌های مختلف از جمله علوفه، سیلو، چرا و کود سبز و از دانه آن برای تغذیه طیور استفاده نمود (Renzi *et al*., 2017).

بخش زیادی از زمین کشور ایران جزو مناطق خشک و نیمه خشک طبقه‌بندی می‌شود و در این نواحی مهم‌ترین منبع محدودکننده برای افزایش عملکرد تولیدات کشاورزی، کمبود آب است. در نتیجه تنش کم‌آبی به عنوان مهم‌ترین تنش غیرزیستی نقش مهمی در کاهش تولید گیاهان زراعی دارد (Hamzei & Syedi, 2013). بنابراین مدیریت منابع آب و اعمال آبیاری تکمیلی نقش اساسی دارد. منظور از آبیاری تکمیلی، کاربرد مقدار محدودی آب در زمان توقف بارندگی است تا آب کافی برای تداوم رشد بوته‌ها و افزایش و ثبات عملکرد تامین شود (Gao *et al*., 2017). مقدار و زمان استفاده از آبیاری تکمیلی باید به صورتی برنامه‌ریزی شود که بتوان با کمترین مقدار آب قابل دسترس به عملکرد بهینه به جای عملکرد حداکثر دست یافت (Eskandari & Alizadeh-Amraie, 2017).

تنش خشکی در دوره پرشدن دانه، باعث کاهش فتوسنتز جاری و کاهش وزن نهایی دانه می‌شود و در این زمان انتقال

*نویسنده مسئول: j.jalilian@urmia.ac.ir

مجدد مواد نقش مهمی را در پُرشدن دانه‌ها بازی می‌کند. مقدار و سهم توزیع مجدد مواد به شدت تنش، اثر آن روی فتوسنتز و خصوصیات ژنتیکی گیاه بستگی دارد (Barati & Ghadiri, 2017). نتایج پژوهش‌ها در مورد گیاه گندم نشان داد هنگامی که دانه در حال پُرشدن است، هیدرات‌های‌کربن محلول بیشتری از بافت‌های مختلف گیاه به سمت دانه حرکت می‌کنند که این حرکت از نظر مقدار و سهم آن در وزن دانه در شرایط تنش کم‌آبی بیشتر می‌گردد (Meng *et al*., 2017). به‌دلیل سرعت بیشتر توزیع مجدد در شرایط کم‌آبی، انباشت مقدار مناسبی هیدرات‌های‌کربن غیرساختمانی در ساقه برای پشتیبانی تجمع مواد در دانه از طریق این فرایند ضروری به نظر می‌رسد. این مسئله در شرایط کم‌آبی اهمیت بیشتری یافته، چون در این شرایط نقصان در فتوسنتز جاری بیشتر شده و به دنبال آن وابستگی وزن دانه به توزیع مجدد افزایش می‌یابد (Wang *et al*., 2011). نتایج تحقیقات نشان داده است که کاربرد کودهای زیستی در غلات، موجب بالارفتن نقل و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه می‌شود. دوره پُرشدن دانه مرحله اصلی تشکیل عملکرد دانه است و طولانی‌تر بودن این دوره امکان انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر از مبدأ به مقصد و در نتیجه افزایش عملکرد دانه را فراهم می‌سازد (Seyed Sharifi & Nazarly, 2013).

کودهای زیستی نظیر قارچ‌های میکوریزا، ازتوباکتر و تیوباسیلوس نقش مهمی در کشاورزی پایدار دارند در واقع قارچ‌های میکوریزا و همزیستی آن‌ها با گیاهان سبب تغییراتی در روابط آبی گیاه و در نتیجه بهبود مقاومت به خشکی یا تحمل در گیاه میزبان می‌شود (Habibzadeh *et al*., 2015). قارچ‌های میکوریزا با اثر بر جذب عناصر غذایی مثل فسفر و همچنین تعدیل اثر تنش‌های محیطی، افزایش مقاومت نسبت به عوامل بیماری‌زا، کاهش آسیب‌های ریشه‌ای و تشدید فعالیت تثبیت زیستی نیتروژن سبب بهبود رشد گیاهان و افزایش عملکرد می‌شوند (Baum *et al*., 2015). باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن مانند ازتوباکتر به‌دلیل توانایی ساخت و ترشح مواد زیستی فعال در خاک، در توسعه سامانه ریشه‌ای تأثیر مثبت و مفیدی دارند و با بهبود جذب آب و عناصر غذایی و تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، در افزایش عملکرد و بهبود ویژگی‌های خاک مؤثرند (Rezaei Chiyaneh *et al*., 2014). کود زیستی بیوسولفور حاوی باکتری‌هایی از جنس تیوباسیلوس (از فعال‌ترین و مؤثرترین میکروارگانیسم‌های اکسیدکننده گوگرد) می‌باشد که با اکسایش گوگرد سبب کاهش اسیدیته خاک شده و در نتیجه سبب بهبود جذب فسفر، گوگرد و عناصر کم‌مصرف (آهن، منگنز، روی و مس) می‌شود (Besharati & Malekzadeh, 2015).

نظام درخت-گیاه زراعی ترکیبی از کشت گیاهان زراعی در کنار درختان است که برای به‌حداکثررساندن تولید و حفظ عملکرد مطلوب و به‌حداقل‌رساندن تخریب منابع آب و خاک به کار گرفته می‌شود (Benbi *et al*., 2012). کشاورزان در نظام تلفیقی درخت-گیاه زراعی در استان آذربایجان غربی عمدتاً گیاه یونجه کاشت می‌کنند که نیاز بسیار بالایی به آب دارد، لذا با توجه به محدودیت منابع آبی و کمبود نزولات، انجام مطالعه و تحقیق در راستای کاهش هر چه بیشتر مصرف آب، ضمن تولید اقتصادی محصول، بیش از پیش ضروری است. در این راستا، ماشک به عنوان گیاهی با نیاز آبی کم جهت کشت در باغات استان آذربایجان غربی مطرح می‌باشد. با توجه با این که عملکرد دانه گیاهان در شرایط دیم وابستگی زیادی به انتقال مجدد مواد فتوسنتزی دارند، لذا این آزمایش به منظور بررسی تأثیر کودهای زیستی و آبیاری تکمیلی بر میزان انتقال مجدد مادهٔ خشک و برخی ویژگی‌های ماشک دیم رقم مراغه در سیستم درخت-گیاه زراعی، اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۶ تیمار و سه تکرار در دو سال زراعی (۱۳۹۵ و ۱۳۹۶) در باغی در نازلوی ارومیه با موقعیت جغرافیایی ۳۷درجه و ۳۱دقیقه عرض شمالی و ۴۵درجه و ۲دقیقه طول شرقی با ۱۳۲۰متر ارتفاع از سطح دریا انجام شد. متوسط دما و بارندگی در طول دو سال کشت و میانگین ۳۰ساله نشان داده شده است (جدول ۱).

تیمارها شامل عدم آبیاری در طول فصل رشد و یک بار آبیاری تکمیلی به عنوان فاکتور اول و کاربرد کودهای زیستی به هنگام کاشت در هشت سطح (۱-شاهد (عدم کاربرد کود زیستی)، ۲- قارچ میکوریزا (*Rhizophagus intraradices*)، ۳- ازتوباکتر، ۴-تیوباسیلوس، ۵-ترکیب ازتوباکتر+قارچ میکوریزا، ۶-ترکیب تیوباسیلوس+قارچ میکوریزا، ۷-ترکیب ازتوباکتر+تیوباسیلوس، ۸- ترکیب ازتوباکتر+تیوباسیلوس+قارچ میکوریزا) به عنوان فاکتور دوم بودند. کودهای زیستی مذکور از شرکت فناوری زیستی مهر آسیا تهیه گردید.

جدول ۱- متوسط درجه‌حرارت ماهیانه و بارندگی سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ و ۱۳۹۶-۱۳۹۵ در مقایسه با میانگین دوره‌ای بلندمدت ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۶ در منطقه ارومیه

Table 1. The average monthly temperature and rainfall crop year for the 2016 and 2017 growing seasons compared to the average of the period 1987 to 2017 at Urmia region

ماه **Month**	دی **Jan.**	بهمن **Feb.**	اسفند **Mar.**	فروردین **Apr.**	اردیبهشت **May**	خرداد **June**	تیر **Jul.**	مرداد **Aug.**	شهریور **Sep.**	مهر **Oct.**	آبان **Nov.**	آذر **Dec.**	میانگین/ مجموع **Average/Total**
سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ Year 2015-16													
میانگین دما (سانتی‌گراد) Temperature (°C)	-0.4	3.8	7.4	12.2	15.4	20.9	24	22.8	19	11.2	7.3	-5.9	11.47
بارندگی (میلی‌متر) Rainfall (mm)	43.9	9.2	19.3	32.9	45.1	6	0	0.1	0	9.2	62	41.8	269.5
سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ Year 2016-17													
میانگین دما (سانتی‌گراد) Temperature (°C)	-5.21	-4.32	2.73	9.31	15.9	21.21	25.4	26	22.87	13.59	7.55	-1.23	11.15
بارندگی (میلی‌متر) Rainfall (mm)	10.6	43.4	9.3	69.8	22.3	0.8	0	0.7	0	0	28.2	55.33	240.4
درازمدت ۹۶-۱۳۶۶ Long term 1987-2017													
میانگین دما (سانتی‌گراد) Temperature (°C)	-2.1	0.2	5.22	11.26	15.81	20.84	23.86	23.32	18.9	6.12	5.77	0.35	11.33
بارندگی (میلی‌متر) Rainfall (mm)	25.4	28.2	46.7	54.7	37.1	10	5.6	2.8	4.3	30.5	39.4	28.1	312.8

به منظور تلقیح بذور با باکتری ازتوباکتر و تیوباسیلوس، بذرها با صمغ عربی مخلوط گردیدند و به اندازه کافی به هم زده شدند تا سطح تماس صمغ عربی و باکتری با بذر ماشک افزایش یابد. تلقیح بذور با باکتری محرک رشد ازتوباکتر و تیوباسیلوس در شرایط سایه انجام شد. برای تلقیح ماشک با میکوریزا یک گرم از خاکی که حاوی حدود ۱۰۰۰ اسپور بود، در زیر بذور قرار داده شد (Raei *et al*., 2015). هر واحد آزمایشی به ابعاد ۳/۵ متر عرض در چهار متر طول در نظرگرفته شد. در ۱۵ اسفند ماه بذور ماشک رقم مراغه به‌صورت دستی در عمق ۱۰-۸ سانتی‌متر در بین ردیف‌های درخت آلوی سیاه[1] سه‌ساله به روش درهم کشت گردید. بذور ماشک رقم مراغه از مرکز تحقیقات دیم مراغه تهیه گردید. فاصله درختان هر ردیف از هم چهار متر بود. ارتفاع و قطر کانوپی درختان به ترتیب دارای میانگین ۲۴۰ و ۱۴۰ سانتی‌متر بود. بذرهای ماشک رقم مراغه با تراکم زیاد کاشت شدند، ولی در مرحله چهار تا شِش‌برگی، برای رسیدن به تراکم مطلوب (۲۰۰ بوته متر در مربع) تنک شد (Asghari & KarimiMeidany, 2013). از ماشک رقم دیم مراغه، با قوه نامیه ۹۸ و خلوص ۹۹ درصد استفاده گردید. در جدول ۲ مشخصات خاک مزرعه آزمایشی ذکر شده است. نمونه‌برداری تا عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک انجام گرفت.

یک‌بار آبیاری تکمیلی به صورت غرقابی، در شروع گلدهی با نصب کنتور حجمی به میزان ۶۲۰ متر مکعب در هکتار انجام گرفت، میزان آبیاری تکمیلی، معادل ۲۰ درصد میانگین بارندگی بلندمدت سالانه منطقه در نظر گرفته شد. برای محاسبه درصد کلونیزاسیون ریشه در مرحله انتهای رشد تعداد ۱۰ بوته از هر کرت به طور تصادفی از عمق ۱۰ تا ۲۵ سانتی‌متری برداشت و پس از شستن ریشه‌ها، حدود یک گرم از ریشه‌های ظریف و ریز نمونه‌برداری و به آزمایشگاه منتقل و رنگ‌آمیزی شدند. در نهایت با روش تقاطع خطوط شبکه، درصد کلونیزاسیون ریشه محاسبه شد (Philips & Hayman, 1970). محتوای نسبی آب برگ در مرحله گلدهی کامل اندازه‌گیری شد (Ritchie *et al*., 1990). درصد پروتئین علوفه، توسط دستگاه کجلدال اندازه‌گیری شد (Rossi *et al*., 2004). برای تعیین انتقال مجدد ماده خشک ابتدا در مرحله گلدهی کامل بعد از حذف اثرات حاشیه‌ها، بوته‌های موجود در مساحت یک مترمربع برداشت و در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و سپس میزان مادهٔ خشک بر حسب گرم در مترمربع محاسبه گردید. سپس در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک نیز به روش مشابه بوته‌های موجود در مساحت یک

---
[1] *Prunus domestica* (Plum)

مترمربع برداشت شده و مادهٔ خشک هر بوته (به استثنای بـذر) بر حسب گرم در مترمربع برآورد شد. سـپس میـزان، کـارآیی و سهم انتقال مجدد در تولید عملکرد دانه با استفاده از روابط زیر محاسـبه شـدند (Papakosta & Gayians, 1991; Mansourifar *et al*., 2012).

معادله (۱) A= B-C

معادله (۲) D= (A/B)×100

معادله (۳) E= (A/F)×100

که در این معادلات، A: مـاده خشـک منتقـل‌شـده در فراینـد انتقـال مجدد، B: ماده خشک در زمان گلـدهی کامـل، C: مـاده خشک در زمان رسـیدگی، D: کـارآیی انتقـال مجـدد سـاقه، E: سهم انتقال مجدد در پُرشدن دانه و F: عملکرد دانـه می‌باشند.

برای اندازه‌گیری عملکرد نهـایی پـس از رسـیدگی کامـل (دهه اول تیرماه)، در هر کرت از دو ردیف میانی پـس از حـذف اثرات حاشیه‌ای، مساحت یک متر مربع برداشت شد و عملکـرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار تعیین گردیـد. تجزیـه مرکـب داده‌ها، پس از اطمینان از نرمال‌بودن آن‌ها، بـا اسـتفاده از نـرم افزار SAS 9.1 انجام گرفت. همچنین برای مقایسه میانگین‌هـا از روش چنددامنـه‌ای دانکـن در سـطح احتمـال یـک درصـد استفاده شد.

نتایج و بحث

تعداد غلاف در بوته

نتایج نشان داد که اعمال یک‌بـار آبیـاری تکمیلـی تعـداد غلاف در بوته را به میزان ۱۹/۵۳ درصد نسبت به شـرایط دیـم افزایش داد (جدول ۳).

جدول ۲- نتایج تجزیه خاک مزرعه قبل از اجرای آزمایش

Table 2. Selected properties of the soil at site before experiment

بافت خاک Soil texture	سیلت Silt	رس Clay	شن Sand	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N (%)	اسیدیته (pH)	هدایت الکتریکی EC (dS/m)
	(%)			Mg/kg				
لومی رسی Clay silty	36	33	31	390	7.2	0.092	8	0.52

جدول ۳- اثر آبیاری تکمیلی و دیم بر برخی ویژگی‌های ماشک دیم رقم مراغه در سیستم تلفیقی درخت -گیاه زراعی

Table 3. Effect of supplementary irrigation and rainfed on some traits of vetch (Maragheh cultivar) under agroforestry system

آبیاری Irrigation	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	میزان انتقال مجدد (گرم در مترمربع) Amount of DMR* (g/m^2)	کارآیی انتقال مجدد Efficiency of DMR*	درصد پروتئین علوفه Forage protein (%)
دیم Rainfed	4.53 b	80.0 a	17.68 a	22.94 a
آبیاری تکمیلی Supplementary irrigation	5.63 a	62.5 b	12.25 b	20.67 b

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with same letters in each column are not significantly different based on Duncan’s multiple range test P≤0.05.

*DMR: Dry Matter Remobilization

به طور کلی، تعداد شاخه فرعی در بوته و تعداد غـلاف در بوته در نتیجه ترکیب ساختار ژنتیکی و شـرایط محیطی اسـت کـه نقـش برجسـته‌ای در عملکـرد نهـایی دانـه بـازی می‌کند. افزایش تعداد غلاف در بوتـه نخـود در تیمـار آبیـاری تکمیلـی می‌تواند به علـت طـولانی‌شـدن دوره رشـد رویشـی و افـزایش بیومـاس گیـاه باشـد (Mousavi & Shakarami, 2010). همچنین گزارش شده است که وقوع شرایط تـنش کـم‌آبـی در مرحله گلدهی عدس سبب کـاهش تعـداد غـلاف در بوتـه شـد (Rashidi, 2017). به نظر می‌رسد در چنین شـرایطی یکـی از دلایل کاهش تعداد غلاف در بوته، کاهش دوره رشد گیاه باشـد که در نتیجه آن تولید مواد فتوسنتزی نقصان می‌یابـد. کـاهش سنتز مواد فتوسنتزی و افزایش رقابت درون‌بوته‌ای حاصل از آن به همراه ریزش گل‌ها در اثـر تـنش کمبـود آب، باعـث کـاهش تعداد غلاف در بوته می‌گردد. تعـداد غـلاف در بوتـه ماشـک در سال دوم نسبت به سال اول بیشتر بود (جدول ۴)، به‌طوری که با درنظرگرفتن تفاوت میزان بارندگی در دو سال انجام آزمـایش (جدول ۱)، نتایج هر دو سال نشـان‌دهنـده برتـری معنـی‌داری آبیاری تکمیلی نسبت به شرایط دیم است. اما نکته قابل توجـه این که در سال دوم که سالی خشک‌تر از سال اول بـود، درصـد افزایش تعداد غلاف در بوته نسبت به شاهد ۷/۵۷ درصد بیشـتر

از سال پیش که مرطوب‌تر بود، به دست آمد. این مورد گویای این مطلب است که افزایش میزان بارش در فروردین ماه سال دوم (جدول ۱) نسبت به سال اول منجر به افزایش رشد رویشی و تعداد شاخه جانبی ماشک رقم مراغه شده و در نتیجه سبب افزایش تعداد غلاف در بوته در سال دوم شده است.

جدول ۴- اثر سال بر برخی صفات ماشک دیم رقم مراغه در سیستم تلفیقی درخت -گیاه زراعی

Table 4. Effect of year on some traits of vetch (Maragheh cultivar) under agroforestry system

سال Year	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	سهم انتقال مجدد (درصد) Contribution of DMR* (%)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Seed yield (g/m^2)
۱۳۹۵ (2016)	4.88 b	12.83 b	8.87 a	101.02 b
۱۳۹۶ (2017)	5.28 a	14.40 a	7.68 b	113.30 a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with same letters in each column are not significantly different based on Duncan's multiple range test P≤0.05.

*DMR: Dry Matter Remobilization

همچنین نتایج نشان داد که گیاهان تحت تیمار ترکیبی میکوریزا و ازتوباکتر بیشترین تعداد غلاف در بوته (۵/۵۳ عدد) را داشتند، به طوری که کاربرد ترکیبی کودهای زیستی تأثیر یکسانی بر تعداد غلاف در بوته ماشک داشت، در حالی که کمترین تعداد غلاف در بوته (۴/۶۷ عدد) از شاهد به‌دست آمد، به طوری که کاربرد جداگانه کودهای زیستی و شاهد اثر یکسانی بر تعداد غلاف در بوته ماشک داشتند (جدول ۵). از این یافته‌ها می‌توان چنین استنباط کرد که هم‌زیستی میکوریزایی از طریق تغذیه مناسب و فراهمی رطوبت برای گیاه ماشک، موجبات تسریع در گلدهی و بهبود تعداد غلاف شد. به عبارتی بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و تولید تنظیم کننده‌های رشد گیاه توسط این موجودات و نیز فراهمی جذب بیشتر عناصر غذایی، سبب افزایش میزان فتوسنتز و ماده خشک گیاهی گردید که این مسئله در نهایت به افزایش گلدهی و تعداد غلاف می‌انجامد (Habibzadeh *et al.*, 2013).

جدول ۵- اثر کودهای زیستی بر برخی صفات ماشک دیم رقم مراغه در سیستم تلفیقی درخت -گیاه زراعی

Table 5. Effect of biofertilizers on some traits of vetch (Maragheh cultivar) under agroforestry system

کود زیستی Biofertilizer	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	میزان انتقال مجدد (گرم در مترمربع) Amount of DMR (g/m^2)	کارآیی انتقال مجدد (درصد) Efficiency of DMR* (%)	درصد پروتئین علوفه Forage protein (%)
کنترل Control	4.67 c	77.22 a	17.54 a	19.48 d
میکوریزا Mycorrhiza	4.97 bc	69.92 bcd	14.61 de	22.06 abc
ازتوباکتر *Azotobacter*	4.71 c	73.95 ab	15.73 bc	21.25 bc
تیوباسیلوس *Thiobacillus*	4.70 c	73.40 abc	16.28 b	20.67 cd
Mycorrhiza + *Azotobacter* میکوریزا + ازتوباکتر	5.53 a	65.71 d	12.83 f	23.48 a
Mycorrhiza + *Thiobacillus* میکوریزا + تیوباسیلوس	5.42 a	68.22 cd	13.74 ef	22.64 ab
Azotobacter + *Thiobacillus* ازتوباکتر + تیوباسیلوس	5.23 ab	72.22 abc	14.88 cd	22.56 ab
Mycorrhiza + *Azotobacter* + *Thiobacillus* میکوریزا + ازتوباکتر + تیوباسیلوس	5.40 a	69.36 bcd	14.07 de	22.32 abc

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with same letters in each column are not significantly different based on Duncan's multiple range test P≤0.05.

*DMR: Dry Matter Remobilization

تعداد دانه در بوته

بر اساس نتایج، بیشترین تعداد دانه در بوته (۲۰/۲۵ عدد) در شرایط انجام آبیاری تکمیلی و تیمار ترکیبی قارچ میکوریزا و ازتوباکتر مشاهده شد، به طوری که کاربرد ترکیبی کودهای زیستی تأثیر یکسانی بر تعداد دانه در بوته ماشک داشتند (جدول۶) و کمترین مقدار آن (۸/۳۷ عدد) در شرایط دیم و بدون کاربرد کود زیستی (شاهد) به‌دست آمد، به طوری که کاربرد جداگانه کودهای زیستی و شاهد اثر یکسانی بر تعداد

دانه در بوته ماشک نشان دادند (جدول ۶). همچنین با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، تعداد دانه در بوته در سال دوم بیشتر از سال اول بود (جدول ۴). علت افزایش تعداد دانه در بوته در سال ۱۳۹۶ نسبت به سال پیش را می‌توان به بیشتربودن میزان بارندگی در فروردین ماه نسبت داد. Rezaeyan Zadeh *et al*., (2012) نیز نشان دادند که همزمانی مرحله زایشی ارقام نخود با تنش کم‌آبی، موجب کاهش اکثر صفات وابسته به عملکرد نظیر تعداد غلاف در بوته، وزن۱۰۰۰دانه و تعداد دانه در غلاف می‌گردد و کاهش عملکرد دانه، عمدتاً از طریق کاهش تعداد غلاف و تعداد دانه در غلاف می‌باشد. احتمالاً کاهش آب مورد نیاز گیاه در مرحله زایشی، به دلیل اختلال در عمل گرده‌افشانی و کوتاه‌شدن زمان آن موجب کاهش تعداد دانه در بوته شده است.

جدول ۶- برهمکنش آبیاری و کودهای زیستی در دو سال زراعی بر برخی ویژگی‌های ماشک دیم رقم مراغه در سیستم درخت تلفیقی -گیاه زراعی

Table 6. Interaction between irrigation and biofertilizer on some traits of vetch (Maragheh cultivar) under agroforestry system

آبیاری Irrigation	کود زیستی Biofertilizer	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	کلونیزاسیون Colonization (%)	محتوای رطوبت نسبی (درصد) Relative humidity content (%)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg/ha)	سهم انتقال مجدد (درصد) Contribution of DMR* (%)	وزن۱۰۰۰دانه (گرم) 100 seed weight (g)
دیم Rainfed	کنترل Control	8.37 i	17.74 e	50.58 f	555 i	16.29 a	33.1 k
	میکوریزا Mycorrhiza	9.31 hi	37.61 d	53.45 efd	673.6 hi	11.48 c	36.1 hi
	ازتوباکتر *Azotobacter*	8.63 i	19.37 e	51.85 f	597.6 i	14.36 b	34.5 jk
	تیوباسیلوس *Thiobacilluss*	8.54 i	18.70 e	51.98 ef	600.5 i	13.85 b	35.1 ij
	میکوریزا + ازتوباکتر Mycorrhiza + *Azotobacter*	11.31 fg	46.94 bc	56.43 cde	857.9 fg	8.76 e	37.8 efg
	میکوریزا + تیوباسیلوس Mycorrhiza + *Thiobacillus*	10.90 fg	46.27 bc	56.43 cde	815.1 fg	9.34 de	37.3 fgh
	ازتوباکتر + تیوباسیلوس *Azotobacter* + *Thiobacillus*	10.36 gh	20.34 e	53.85 efd	755.7 gh	11.03 cd	36.3 ghi
	میکوریزا + ازتوباکتر + تیوباسیلوس Mycorrhiza + *Azotobacter* + *Thiobacillus*	10.81 fg	41.37 cd	53.58 efd	791.7 gh	9.78 cde	36.6 ghi
آبیاری تکمیلی Supplementary irrigation	(کنترل) Control	12.15 ef	18.94 e	57.03 cd	936.8 ef	7.11 f	38.5 def
	میکوریزا Mycorrhiza	18.06 c	49.51 b	58.50 c	1439.4 c	4.40 hi	39.9 cd
	ازتوباکتر *Azotobacter*	16.54 d	20.94 e	57.97 cd	1304.6 d	4.97 gh	39.3 cde
	تیوباسیلوس *Thiobacillus*	12.81 e	19.64 e	57.90 cd	977 e	6.47 fg	38.9 cdef
	میکوریزا + ازتوباکتر Mycorrhiza + *Azotobacter*	20.94 a	63.45 a	69.50 a	1873.2 a	3.05 i	44.7 a
	میکوریزا + تیوباسیلوس Mycorrhiza + *Thiobacillus*	20.25 ab	53.51 b	65.70 ab	1744.7 b	3.53 hi	43.1 b
	ازتوباکتر + تیوباسیلوس *Azotobacter* + *Thiobacillus*	18.87 bc	24.76 e	58.77 c	1524.5 c	4.21 hi	40.3 c
	میکوریزا + ازتوباکتر + تیوباسیلوس Mycorrhiza + *Azotobacter* + *Thiobacillus*	19.97 ab	52.18 b	64.90 b	1677.8 b	3.69 hi	42 b

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with same letters in each column are not significantly different based on Duncan’s multiple range test P≤0.05.

*DMR: Dry Matter Remobilization

لذا قارچ‌های میکوریزایی از طریق گسترش شبکه‌های هیفی خارج از ریشه موجب افزایش جذب و انتقال آب و مواد غذایی به ریشه‌ها می‌شوند که این امر در بهبود عملکرد و اجزای عملکرد مؤثر است (Habibzadeh *et al*., 2013). دیگر گزارش‌ها حاکی از آن می‌باشد که کاربرد همزمان ازتوباکتر و قارچ میکوریزا اثرات مثبتی روی گیاه گندم داشت که این امر امکان دسترسی گیاه به عناصر غذایی را افزایش می‌دهد (Behl *et al*., 2003). احتمالاً فراهم‌شدن رشد سریع و تولید منابع فراوان برای فتوسنتز و ماده‌سازی بیشتر از طریق کاربرد ترکیبی کودهای زیستی، منجر به افزایش تجمع ماده خشک و مواد معدنی در ساقه‌ها و برگ‌های گیاه نسبت به شاهد شده و به این ترتیب در طول دوره زایشی مواد معدنی تجمع می‌یابد که می‌تواند به اندام‌های زایشی منتقل و در نهایت منجر به افزایش وزن دانه و تعداد دانه در بوته شود.

وزن۱۰۰۰دانه

بیشترین وزن۱۰۰۰دانه ماشک (۴۴/۷ گرم) در شرایط انجام آبیاری تکمیلی و تیمار ترکیبی میکوریزا و ازتوباکتر مشاهده شد (جدول ۶)، اما کمترین میزان آن (۳۳/۱ گرم) در شرایط دیم و بدون کاربرد کود زیستی به‌دست آمد (جدول ۶). وزن۱۰۰۰دانه نشان دهندهٔ سلامتی گیاه در طول دورهٔ پُرشدن دانه می‌باشد و ممکن است کل عملکرد را در بعضی از گیاهان تحت تأثیر قرار دهد (Heydarzadeh & Jalilian, 2014). محدودیت رطوبت در زمان غلاف بندی و پُرشدن دانه می‌تواند موجب کاهش انتقال مواد فتوسنتزی و در نتیجه چروک‌شدن دانه‌ها گردد که در این شرایط، گیاه با محدودیت منبع مواجه شده و مواد کمتری به دانه‌ها منتقل می‌شود. بنابراین هر گونه تنش کم‌آبی در طی این مراحل می‌تواند بر روابط منبع و مخزن تأثیر منفی بگذارد. از این رو، کاهش تأمین مواد پرورده در طول این دوره سبب کاهش وزن دانه خواهد شد (Rezaeyan Zadeh *et al*., 2012).

همچنین به نظر می‌رسد که در شرایط تلقیح با کودهای زیستی در تیمارهای ترکیبی به دلیل افزایش توانایی فتوسنتزی، راندمان انتقال مواد غذایی به دانه افزایش یافته و به تبع آن پُرشدن مخازن زایشی گیاه منجر به افزایش وزن دانه شده است (Mishra *et al*., 2010; Habibzadeh *et al*., 2013). کاربرد کودهای زیستی به خصوص در شرایط کم‌آبی با بهبود رشد ریشه و افزایش آسیمیلاسیون مواد فتوسنتزی به علت افزایش سطح برگ و افزایش ظرفیت فتوسنتزی در دورهٔ قبل از گلدهی، می‌تواند در مرحله پس از گلدهی با انتقال مجدد این مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن، وزن هزاردانه را بهبود ببخشد (Farhadian Asgarabadi, 2017; Jalilian *et al*., 2016).

میزان انتقال مجدد مواد فتوسنتزی

نتایج نشان داد که میزان انتقال مجدد در شرایط دیم بیشتر از شرایط آبیاری تکمیلی بود (جدول ۳). احتمالاً به نظر می‌رسد در شرایط تنش کم‌آبی به دلیل زودرسی، تسریع پیری و ریزش برگ‌های پایینی، میزان ماده خشک بیشتری به سمت دانه منتقل می‌شود. در نخود گزارش شده است که در شرایط تنش کم‌آبی، کاهش فتوسنتز برای پُرکردن دانه‌ها از طریق انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای که خود به دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های هیدرولیزکننده می‌باشد، جبران می‌شود (Mansourifar *et al*., 2012; Mohammadi *et al*., 2011). محققان با بررسی تغییرات وزن خشک و محتوی هیدرات‌های کربن محلول در آب پس از گلدهی در ساقه گیاه جو گزارش کردند که میزان ذخایر تجمع و انتقال یافته ساقه، به ژنوتیپ، شرایط محیطی و روش اندازه‌گیری بستگی دارد به طوری که کمبود رطوبت، هم بر ذخیره و هم انتقال ذخایر ساقه تأثیر می‌گذارد و گیاهان تحت تنش خشکی به واسطه کاهش فتوسنتز، ذخایر خود را بیشتر از گیاهانی که در شرایط نرمال هستند، از دست می‌دهند (Barati & Ghadiri, 2017).

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین مقدار ماده خشک انتقال‌یافته (۷۷/۲۲ گرم در متر مربع) در تیمار شاهد به‌دست آمد، اما کمترین مقدار آن (۶۵/۷۱ گرم در متر مربع) در تیمار ترکیبی قارچ میکوریزا و ازتوباکتر مشاهده شد (جدول ۵). بالابودن انتقال مجدد در تیمار شاهد احتمالاً ناشی از این است که در این شرایط میزان فتوسنتز جاری برای پُرشدن دانه کافی نبوده و انتقال مجدد برای گیاه ضروری است. گزارش شده است که در مرحله پُرشدن دانه افزایش نسبت اسید آبسیزیک به سیتوکینین در برگ‌ها، کاهش دوام سطح برگ، افزایش مرگ بافت‌های گیاهی، ریزش برگ‌های پایینی بوته، افزایش میزان تنفس به علت سایه‌اندازی و زوال نوری سبب کاهش تجمع ماده خشک و افزایش انتقال مجدد در نخود شده است (Mansourifar *et al*., 2012; Awasthi *et al*., 2017). همچنین پژوهشگران گزارش کردند که با کاربرد باکترهای محرک رشد در گیاه آفتابگردان انتقال مجدد از اندام‌های هوایی به دانه به دلیل افزایش شاخص سطح برگ کاهش یافت (Seyed Sharifi & Nazarly, 2013). به نظر می‌رسد با افزایش مواد غذایی قابل دسترس و تولید تنظیم

کننده‌های رشد توسط کودهای زیستی، منبع به دلیل گسترش سطح برگ و افزایش شاخص سطح برگ توانایی تولید مواد فتوسنتزی بیشتری را برای مخازن فراهم ساخته و به تبع از آن انتقال مجدد ماده خشک کاهش یافته باشد (Seyed Sharifi & Nazarly, 2013). لذا در این آزمایش اثرات مثبت کودهای زیستی از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی سبب افزایش فتوسنتز شده و به نظر می‌رسد این امر موجب تولید آسیمیلات بیشتر و بهبود رشد گیاه شده که در نهایت موجب کاهش میزان ماده خشک انتقال یافته در مقایسه با تیمار شاهد شده باشد.

کارآیی انتقال مجدد مواد فتوسنتزی

با توجه به اینکه بالاتربودن مقدار انتقال مجدد به تنهایی بیانگر کارآمدی گیاه در انتقال ذخایر آن نیست، کارآیی انتقال مجدد برای مقایسه تیمارها محاسبه شد. بیشترین کارآیی انتقال مجدد در شرایط دیم برابر با ۱۷/۵۳ درصد و کمترین مقدار آن در آبیاری تکمیلی برابر با ۱۲/۸۳ درصد مشاهده گردید (جدول ۳). در برخی از مطالعات صفت کارآیی انتقال مجدد ماده خشک در شرایط تنش یکی از عوامل مهم در پایداری عملکرد دانه محسوب می‌گردد (Ma *et al.*, 2013). این وضعیت بیانگر آن است که تحت شرایط تنش کم‌آبی نسبت ماده خشک منتقل‌شده به ذخیره‌شده بیشتر می‌شود تا کاهش عملکرد دانه را تا حدی جبران نماید. گزارش شده است که کارآیی انتقال مجدد ذخایر کربنی از ساقه به دانه در گیاه نخود در اثر تنش‌های محیطی به دلیل تسریع پیری گیاه به بیشتر از ۱۱ درصد افزایش یافته (Mansourifar *et al.*, 2012) و در این شرایط کارآیی انتقال هیدرات‌های کربن محلول از ساقه بهبود می‌یابد.

نتایج نشان داد که بیشترین کارآیی انتقال مجدد (۱۷/۵۴ درصد) در تیمار بدون کاربرد کود زیستی (شاهد) به‌دست آمد، اما کمترین میزان آن (۱۲/۸۳ درصد) در تیمار ترکیبی قارچ میکوریزا و ازتوباکتر مشاهده شد، به‌طوری که تیمار قارچ میکوریزا + تیوباسیلوس در مقایسه با تیمار قارچ میکوریزا + ازتوباکتر تأثیر یکسانی بر کارآیی انتقال مجدد داشتند (جدول۵). احتمالاً جذب عناصر غذایی توسط سیستم ریشه گسترده در حضور باکتری ازتوباکتر و قارچ میکوریزا افزایش یافته است که همین امر توانسته میزان و دوام فتوسنتز را افزایش دهد و در نهایت منجر به افزایش فتوسنتز و داوم سطح سبز گردد که همین عامل باعث می‌گردد که کارآیی انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در تیمار شاهد نسبت به تیمار کاربرد کودهای زیستی افزایش یابد (Naseri *et al.*, 2017).

سهم انتقال مجدد مواد فتوسنتزی

نتایج نشان داد که بیشترین سهم انتقال مجدد (۱۶/۲۹ درصد) مربوط به در شرایط دیم و بدون کاربرد کود زیستی بود. کمترین سهم انتقال مجدد (۳/۰۵ درصد) نیز متعلق به شرایط انجام آبیاری تکمیلی و کاربرد ترکیبی قارچ میکوریزا و ازتوباکتر بود، در حالی که کاربرد ترکیبی کودهای زیستی در شرایط انجام آبیاری تکمیلی تأثیر یکسانی بر سهم انتقال مجدد داشتند (جدول ۶). همچنین با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، ماشک رقم مراغه در سال اول نسبت به سال دوم بیشترین سهم انتقال مجدد را داشت (جدول ۴). در واقع با توجه به داده‌های هواشناسی (جدول ۱) افزایش قابل توجه میزان بارندگی در فروردین ماه سال دوم سبب افزایش میزان رشد رویشی و تعداد شاخه جانبی و حفظ فعالیت فتوسنتزی جاری ماشک نسبت به سال اول می‌تواند دلیل افزایش سهم انتقال مجدد در سال اول باشد. در شرایط دیم و بدون کاربرد کود زیستی (شاهد)، سهم ذخایر بخش‌های رویشی در تولید عملکرد می‌تواند به‌واسطه کاهش معنی‌دار فتوسنتز جاری باشد.

Hay & Waker (2004) گزارش کردند که در گیاهان تحت تنش که فتوسنتز جاری آن‌ها به‌ویژه در دوره پُرشدن دانه‌ها محدود شده باشد، وابستگی بیشتر به مواد ذخیره‌شده در بخش‌های رویشی پیش از گلدهی، نشان‌دهنده نیاز دانه‌ها به تأمین مواد خشک مکمل است. سهم نسبی بیشتر ذخایر قبل از گلدهی در عملکرد دانه تحت شرایط تنش، معمولاً با عملکرد دانه همبستگی منفی دارد (Mansourifar *et al.*, 2012). لذا می‌توان نتیجه گرفت که گیاه در مواجهه با شرایط کم‌آبی، بیشتر از ذخایر قبل از گرده‌افشانی خود برای انتقال مواد پرورده کمک گرفته است که نشان‌دهنده اهمیت انتقال مجدد در تأمین نهایی وزن دانه بود. به نظر می‌رسد اثر تنش کم‌آبی بر کاهش فتوسنتز جاری در مرحله پُرشدن دانه‌ها در تیمار شاهد موجب القای انتقال بیشتر ذخایر ساقه و مصرف آن‌ها به‌وسیله دانه شده باشد. گزارش شده است که در شرایط تنش مانند محدودیت آبی، عدم دسترسی به عناصر غذایی ممکن است تعادل منبع و مخزن را به هم بزند و در چنین شرایطی قدرت مخزن بیشتر از منبع بوده و به دلیل روابط فیزیولوژیکی موجود بین منبع و مخزن، منبع میزان انتقال ماده خشک را افزایش می‌دهد تا شاید بتواند بخشی از نیاز شدید مخازن (دانه‌ها) را برآورده نماید (Brevedan & Egli, 2003). احتمالاً با کاربرد قارچ میکوریز و باکتری‌های محرک رشد از یک طرف زمینه برقراری تعادل، جذب و انتقال

عناصر غذایی از طریق ریشه به اندام‌های هوایی بهبود یافته و مواد فتوسنتزی تولیدشده بیشتر در اندام‌های هوایی و مخازن زایشی تجمع یافته که همین امر موجب افزایش سهم فتوسنتز جاری و کاهش سهم انتقال مجدد می‌گردد (Naseri *et al*., 2017).

عملکرد دانه

بیشترین عملکرد دانه (۱۸۷۳ کیلوگرم در هکتار) از آبیاری تکمیلی و تیمار ترکیبی قارچ میکوریزا و ازتوباکتر و کمترین میزان آن (۵۵۵ کیلوگرم در هکتار) از شرایط دیم و بدون کاربرد کود زیستی (شاهد) به‌دست آمد، با این حال کاربرد جداگانه تیمار کودهای زیستی میکوریزا، ازتوباکتر و تیوباسیلوس از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد در شرایط دیم نداشتند (جدول ۶). در واقع در گیاهان تحت آبیاری تکمیلی و تیمار ترکیبی قارچ میکوریزا و ازتوباکتر بهبود محتوای رطوبت نسبی برگ، افزایش درصد کلونیزاسیون ریشه و ازدیاد میزان فتوسنتز جاری منجر به بهبود عملکرد دانه در شرایط تیماری مذکور گردید. همچنین عملکرد ماشک در سال دوم ۱۰/۸۴ درصد بیشتر بود (جدول ۴). به نظر می‌رسد افزایش میزان بارش در فروردین ماه سال دوم (جدول ۱) نسبت به سال اول منجر به افزایش عملکرد دانه در سال دوم شده باشد. کاهش عملکرد دانه در شرایط دیم نسبت به آبیاری تکمیلی را می‌توان به کاهش فتوسنتز و ماده‌سازی در گیاه تحت شرایط تنش کم‌آبی نسبت داد، چرا که کاهش فتوسنتز خالص و کاهش مواد غذایی انتقال‌یافته از برگ به دانه از پیامدهای تنش کمبود آب است که باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود (Jalilian *et al*., 2016). اختلاف در عملکرد تیمارهای مختلف کود زیستی و آبیاری به مقدار جذب آب و عناصر غذایی معدنی مربوط می‌شود (Latifinia *et al*, 2017; Farhadian Asgarabadi, 2017). به نظر می‌رسد در تیمارهای ترکیبی به دلیل اثرات هم‌افزایی متقابل باکتری‌ها و قارچ، تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، افزایش حلالیت فسفات غیرمتحرک و کاهش pH خاک و تولید انواع هورمون‌ها و مواد محرک رشد (نظیر سیتوکینین، اکسین، بیوتین و اسید پنتوتنیک)، جذب عناصر غذایی را تحریک می‌کنند و با تأثیر روی فرایندهای فتوسنتزی سبب بهبود اجزای عملکرد دانه و در نهایت منجر به افزایش عملکرد دانه گیاه شده باشد.

پروتئین علوفه

میزان پروتئین علوفه ماشک در شرایط دیم بیشتر از آبیاری تکمیلی بود (جدول ۳). میزان پروتئین علوفه گیاه صفتی است که تحت تأثیر رقم، فتوسنتز گیاه، فراهمی عناصر غذایی و شرایط اقلیمی قرار می‌گیرد. هر عامل غذایی و اقلیمی که سبب شود دوره رشد گیاه و خصوصاً دوره پُرشدن دانه‌ها کاهش یابد، میزان پروتئین دانه را افزایش می‌دهد، به‌طوری که خنک‌شدن هوا و وفور آب با افزایش دوره دانه‌بندی نسبت تولید نشاسته به پروتئین را افزایش می‌دهد، اما خشکی و گرما نسبت پروتئین به نشاسته را افزایش می‌دهد (Naseri *et al*., 2015). احتمالاً بالاتربودن درصد پروتئین در شرایط دیم نسبت به شرایط آبیاری می‌تواند مرتبط با کاهش طول دوره رشد و نمو در شرایط دیم باشد که موجب کاهش نسبت هیدرات‌های کربن به پروتئین و در نتیجه افزایش درصد پروتئین شده است.

بیشترین درصد پروتئین علوفه ماشک رقم مراغه (۲۳/۴۸ درصد)، در شرایط کاربرد کود زیستی میکوریزا و ازتوباکتر مشاهده گردید. کاربرد ترکیبی کودهای زیستی تأثیر یکسانی بر درصد پروتئین دانه داشتند و کمترین میزان آن (۱۹/۴۸ درصد) در تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۵). با توجه به این موضوع که عناصری مانند نیتروژن و فسفر برای تشکیل پروتئین ضروری‌اند، باکتری‌های حل‌کنندهٔ گوگرد و تثبیت کننده نیتروژن در کنار قارچ میکوریزا از طریق فراهمی عناصر غذایی به خصوص نیتروژن، فسفر و عناصر کم‌مصرف (آهن، منگنز، روی و مس) احتمالاً سبب بهبود رشد و فتوسنتز و به تبع آن افزایش درصد پروتئین علوفه ماشک شده‌اند. در تحقیقی گزارش شده است که قارچ‌های میکوریزا از طریق جذب ترکیبات آلی حاوی نیتروژن و تحویل آن به گیاه و یا از طریق افزایش سطح جذب در خاک موجب افزایش جذب نیتروژن برای گیاه می‌گردد (Zarea *et al*., 2013). ازتوباکتر متعلق به گروهی از باکتری‌ها است که نقش تثبیت‌کنندگی نیتروژن را دارا هستند، بنابراین افزایش محتوی نیتروژن دانه تحت هر دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی مربوط به ویژگی ذکرشده این باکتری‌ها در تثبیت نیتروژن است.

محتوای رطوبت نسبی

نتایج نشان داد بیشترین محتوای رطوبت نسبی (۶۹/۵۰ درصد) متعلق به شرایط آبیاری تکمیلی و تیمار ترکیبی قارچ میکوریزا+ازتوباکتر بود که در این ارتباط تیمار ترکیبی قارچ میکوریزا+تیوباسیلوس تأثیر یکسانی بر محتوای رطوبت نسبی در شرایط انجام آبیاری تکمیلی نشان دادند، اما کمترین میزان آن (۵۰/۵۸ درصد) در شرایط دیم و بدون کاربرد کود زیستی (شاهد) به‌دست آمد. با این حال کاربرد جداگانه تیمار کودهای زیستی میکوریزا، ازتوباکتر و تیوباسیلوس از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد در شرایط دیم نداشتند (جدول ۶). محتوای رطوبت نسبی یکی از پارامترهای فیزیولوژیکی مهم

است که همبستگی خوبی با مقاومت به خشکی نشان می‌دهد (Nautiyal *et al*., 2002). به نظر می‌رسد گیاهانی که تحت تنش خشکی قرار می‌گیرند، فضای بین‌سلولی و میزان آب در پیکره خود را از طریق افزایش مواد اسمزی در درون بافت‌ها به حداقل می‌رسانند تا آب از بافت خاک با نیروی بیشتری وارد آن‌ها شود که این امر موجب کاهش میزان رطوبت نسبی در شرایط تنش خشکی می‌گردد (Haffani *et al*., 2014; Habibzadeh *et al*., 2015). میکوریزا احتمالاً از طریق تغییر در مورفولوژی ریشه و طویل‌کردن سیستم ریشه گیاه میزبان و افزایش سطح جذب از طریق ریسه‌های قارچ، میزان آب بیشتری جذب کرده و باعث بهبود روابط آبی گیاه میزبان می‌گردد (Auge *et al*., 2015).

درصد کلونیزاسیون ریشه

بیشترین کلونیزاسیون ریشه ماشک رقم مراغه (۶۳/۴۵ درصد) در شرایط آبیاری تکمیلی و تیمار ترکیبی میکوریزا + ازتوباکتر و کمترین میزان آن (۱۷/۷۴ درصد) در شرایط دیم و بدون کاربرد کود زیستی (شاهد) به‌دست آمد (جدول ۶). احتمالاً دلیل همزیستی بالای ماشک در تیمار میکوریزا و ازتوباکتر در شرایط آبیاری تکمیلی، به دلیل اثرهای هم‌افزایی و تشدیدکننده‌ای بین قارچ میکوریزا در حضور باکتری باشد که سطح جذب ریشه‌ها به علت نفوذ بیشتر هیف‌های قارچ در خاک افزایش و به تبع آن کارآیی گیاه ماشک به دلیل توسعه بیشتر سیستم ریشه‌ای در جذب آب و عناصر غذایی نیز افزایش یافته باشد. نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که میزان کلونیزاسیون میکوریزا با کاهش میزان رطوبت خاک، کاهش می‌یابد. در واقع شرایط دیم اثر بازدارنده‌ای بر توسعه فعالیت میکوریزا داشت. Habibzadeh *et al*, (2015) کاهش درصد کلونیزاسیون با افزایش تنش خشکی در گیاه ماش را گزارش کرده‌اند. کاهش معنی‌دار درصد کلونیزاسیون شبدر سفید در شرایط تنش رطوبتی، به کاهش در تندش و رشد هیف نسبت داده شده است (Ortiz *et al*., 2015). با توجه به این‌که یکی از شرایط لازم برای همزیستی بین میکوریزا و گیاه انتقال مواد آلی از گیاه به قارچ است، بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که کاهش رطوبت خاک، کاهش فتوسنتز و رشد رویشی گیاه را به دنبال دارد، در نتیجه منابع کربن کمتری در اختیار قارچ قرار می‌گیرد که می‌تواند باعث کاهش همزیستی آن با گیاه شود.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش نشان داد که در شرایط دیم میزان انتقال مجدد مواد فتوسنتزی افزایش یافت و به دنبال آن در این شرایط کارآیی انتقال مجدد و همچنین سهم انتقال مجدد در پُرشدن دانه افزایش یافت که احتمالاً همین امر سبب کاهش مدت پُرشدن دانه‌ها و در نتیجه افزایش سرعت پُرشدن دانه‌ها شده باشد و این افزایش می‌تواند تا حدودی کاهش مدت انتقال مواد پرورده به دانه را جبران نماید، به‌طوری که در شرایط عدم وجود تنش کم‌آبی مواد پرورده بیشتری به طرف دانه‌ها منتقل شده و وزن نهایی دانه‌ها و به دنبال آن عملکرد نهایی دانه افزایش می‌یابد. در این راستا نتایج نشان داد که در گیاهان تحت آبیاری تکمیلی و تیمار ترکیبی کودهای زیستی به واسطه ازدیاد محتوای رطوبت نسبی برگ، افزایش درصد کلونیزاسیون ریشه و بهبود میزان فتوسنتز جاری نسبت به شرایط دیم و بدون کاربرد کود زیستی (شاهد)، عملکرد دانه ماشک ۷۰/۳۷ درصد افزایش نشان داد. بنابراین انجام یک‌بار آبیاری تکمیلی همراه با کاربرد تلفیقی تیمار کودی مذکور در سیستم آگروفارستری می‌تواند سبب افزایش تولید محصول و بهبود خصوصیات کیفی علوفه ماشک شود.

منابع

1. Asghari Meidany, J., and Karimi, E. 2013. Sowing depth effects on vetch yield in maragheh dry lands. Iranian Journal of Field Crops Research 11: 430-436. (In Persian with English Summary).
2. Auge, R.M., Toler, H.D., and Saxton, A.M. 2015. Arbuscular mycorrhizal symbiosis alters stomatal conductance of host plants more under drought than under amply watered conditions: a meta-analysis. Mycorrhiza 25(1): 13-24.
3. Awasthi, R., Gaur, P., Turner, N.C., Vadez, V., Siddique, K.H., and Nayyar, H. 2017. Effects of individual and combined heat and drought stress during seed filling on the oxidative metabolism and yield of chickpea (*Cicer arietinum*) genotypes differing in heat and drought tolerance. Crop and Pasture Science 68: 823-841.
4. Barati, V., and Ghadiri, H. 2017. Assimilate and nitrogen remobilization of six-rowed and two-rowed winter barley under drought stress at different nitrogen fertilization. Archives of Agronomy and Soil Science 63(6): 841-855.
5. Baum, C., El-Tohamy, W., and Gruda, N. 2015. Increasing the productivity and product quality of vegetable crops using arbuscular mycorrhizal fungi. A review. Scientia Horticulturae 187: 131-141.

6. Behl, R.K., Sharma, H., Kumar, V., and Singh, K.P. 2003. Effect of dual inoculation of VA mycorrhiza and Azotobacter chroococcum on above flag leaf characters in wheat. Agronomy Soil Science 44: 25-31.
7. Benbi, D.K., Brar, K., Toor, A.S., Singh, P., and Singh, H. 2012. Soil carbon pools under poplar-based agroforestry, rice-wheat and maize-wheat cropping systems in semi-arid India. Nutrient Cycling in Agroecosystems 92(1): 107-118.
8. Besharati, H., and Malekzadeh, T. 2015. Effect of sulfur and thiobacillus on soybean growth and uptake of some nutrients in four calcareous soils with different buffering capacities. Iranian Journal of Soil Research 29(2): 131-146. (In Persian with English Summary).
9. Brevedan, R.E., and Egli, D.B. 2003. Short periods of water stress during seed filling, leaf senescence and yield of soybean. Crop Science 43: 2083-2088.
10. Campiglia, E., Caporali, F., Radicetti, E., and Mancinelli, R. 2010. Hairy vetch (*Vicia villosa* Roth.) cover crop residue management for improving weed control and yield in no-tillage tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) production. European Journal of Agronomy 33: 94-102.
11. Eskandari, H., and Alizadeh-Amraie, A. 2017. Grain yield and energy efficiency of a barley dry land farming system as affected by supplemental irrigation at flowering stage. Agricultural Crop Management 18(4): 871-880. (In Persian with English Summary).
12. Farhadian Asgarabadi, K. 2017. Effects of mycorrhiza and superabsorbent on root morphological characteristics and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under rain-fed conditions. Journal of Crop Production 10: 61-73. (In Persian with English Summary).
13. Gao, Z., Liang, X.G., Lin, S., Zhao, X., Zhang, L., Zhou, L.L., Shen, S., and Zhou, S.L. 2017. Supplemental irrigation at tasseling optimizes water and nitrogen distribution for high-yield production in spring maize. Field Crops Research 209: 120-128.
14. Habibzadeh, Y., Jalilian, J., Zardashti, M.R., Pirzad, A., and Eini, O. 2015. Some morpho-physiological characteristics of Mung Bean mycorrhizal plant under different irrigation regimes in field condition. Journal of Plant Nutrition 38(11): 1754-1767.
15. Habibzadeh, Y., Zardoshti, M.R., Pirzad, A., and Jalilian, J. 2013. Effects of arbuscular mycorrhiza on grain yield and yield component of Mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczk] under water deficit stress. Pajouhesh & Sazandegi 100: 38-47. (In Persian with English Summary).
16. Haffani, S., Mezni, M., Slama, I., Ksontini, M., and Chaïbi, W. 2014. Plant growth, water relations and proline content of three vetch species under water-limited conditions. Grass and Forage Science 69: 323-333.
17. Hamzei, J., and Syedi, M. 2013. Response of yield and yield components of barley cultivars to supplementary irrigation under rainfed condition. Science Agricultural and Sustainable Production 25: 71-85. (In Persian with English Summary).
18. Hay, R.K.M., and Waker, N.J. 2004. Introduction to the Physiology of Crop Yield. Wiley. 292 pp.
19. Heydarzadeh, S, and Jalilian, J. 2014. Changes in cover crops yield in safflower field under different fertilizer systems and weed infestation. Research in Field Crops 2(1): 38-49. (In Persian with English Summary).
20. Jalilian, J., Amirnia, R., Gholinezhad, E., and Abbas Zadeh, S. 2016. The effect of supplemental irrigation and seed priming on seed yield, yield components and some characteristics of vetch. Agricultural Crop Management 18(3): 625-637. (In Persian with English Summary).
21. Jalilian, J., Amirnia, R., Gholinezhad, E., and Abbas Zadeh, S. 2016. The effect of supplemental irrigation and seed priming on seed yield, yield components and some characteristics of vetch. Journal of Crops Improvement 18: 625-637. (In Persian with English Summary).
22. Latifinia, E., Akbari, N., Nazarian Firozabadi, F., and Heidari, S. 2017. Investigating the effect of cultivate lines direction, bio-fertilizer nitroxin and superabsorbent materials on yield and yield components of broad leaf Vetch (*Vicia narbonensis*). Iranian Journal of Field Crops Research 15: 639-648. (In Persian with English Summary).
23. Ma, J., Huang, G.B., Yang, D.L., and Chai, Q. 2013. Dry matter remobilization and compensatory effects in various internodes of spring wheat under water stress. Crop Science 54: 331-339.
24. Mansourifar, C., Shaban, M., Ghobadi, M., and Sabaghpoor, S.H. 2012. Study of grain filling in chickpea cultivars under drought stress and n fertilizer. Iranian Journal of Field Crops Research 10(3): 591-602. (In Persian with English Summary).
25. Meng, W., Yu, Z., Zhao, J., Zhang, Y., and Shi, Y. 2017. Effects of supplemental irrigation based on soil moisture levels on photosynthesis, dry matter accumulation, and remobilization in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Plant Production Science 20 (2): 215-226.

26. Mishra, A., Prasad, K., and Rai, G. 2010. Effect of bio-fertilizer inoculations on growth and yield of dwarf field pea (*Pisum sativum* L.) in conjunction with different doses of chemical fertilizers. Journal of Agronomy 9: 163-168.
27. Mohammadi, A., Habibi, D., Rohami, M., and Mafakheri, S. 2011. Effect of drought stress on antioxidant enzymes activity of some chickpea cultivars. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences 11: 782-785.
28. Mousavi, S.K., and Shakarami, G. 2010. Effects of supplemental irrigation on chickpea (*Cicer arietinum* L.) yield in low rain condition. Electronic Journal of Crop Production 1(4): 99-123. (In Persian with English Summary).
29. Naseri, R., Barary, M., Zarea, M.J., Khavazi, K., and Tahmasebi, Z. 2017. Effect of plant growth promoting bacteria and Mycorrhizal fungi on growth and yield of wheat under dryland conditions. Journal of Soil Biology 5(1): 49-66. (In Persian with English Summary).
30. Naseri, R., Rahimi, M.J., Siyadat, S.A., and Mirzaei, A. 2015. The effects of supplementary irrigation and different plant densities on morphological traits, yield and its components and protein content of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Sirvan region in Ilam province. Iranian Journal of Pulses Research 6(1): 78-91. (In Persian with English Summary).
31. Nautiyal, P.C., Rachaputi, N.R., and Joshi, Y.C. 2002. Moisture-deficit-induced changes in leaf-water content, leaf carbon exchange rate and biomass production in groundnut cultivars differing in specific leaf area. Field Crops Research 74: 67-79.
32. Ortiz, N., Armada, E., Duque, E., Roldán, A., and Azcón, R. 2015. Contribution of arbuscular mycorrhizal fungi and/or bacteria to enhancing *Trifolium repens* drought tolerance under natural soil conditions: effectiveness of autochthonous or allochthonous strains. Journal of Plant Physiology 174: 87-96.
33. Papakosta, D.K., and Gayians, A.A. 1991. Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization and losses for Mediterranean wheat during grain filling. Agronomy Journal 83: 864-870.
34. Philips, J.M., and Hayman, D.S. 1970. Improved procedures for cleaning roots and staining parasiticand vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the British Mycological Society 55: 158-161.
35. Raei, Y., Shariati, J., and Weisany, W. 2015. Effect of biological fertilizers on seed oil, yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) at different irrigation levels. Science Agricultural and Sustainable Production 25: 65-84. (In Persian with English Summary).
36. Rashidi, V. 2017. Effects of drought stress at flowering stage on seed yield and its components in local lentil accessions. Dry Land Agriculture 5(2): 171-184. (In Persian with English Summary).
37. Renzi, J.P., Chantre, G.R., and Cantamutto, M.A. 2017. Self-regeneration of hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) as affected by seedling density and soil tillage method in a semi-arid agroecosystem. Grass and Forage Science 72(3): 524-533.
38. Rezaei Chiyaneh, I., Pirzad, A., and Farjami, A. 2014. Effect of nitrogen, phosphorus and sulfur supplier bacteria on seed yield and essential oil of cumin (*Cuminum cyminum* L.). Journal of Science Agricultural and Sustainable Production 24(4): 83-71. (In Persian with English Summary).
39. Rezaeyan Zadeh, E., Parsa, M., Ganjali, A., and Nezami, A. 2012. Responses of yield and yield components of chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.) to supplemental irrigation in different phenology stages. Journal of Water and Soil 25(5): 1080-1095. (In Persian with English Summary).
40. Ritchie, S.W., Nguyen, H.T., and Holaday, A.S. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science 30: 105-111.
41. Rossi, A.M., Juarez, M.D., Samman, N.C., and Villarreal, M. 2004. Nitrogen contents in food: A comparison between the Kjeldahl and Hach methods. Argentine Chemical Society 92: 99-108.
42. Seyed Sharifi, R., and Nazarly, H. 2013. Effects of seed priming with Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on grain yield, fertilizer use efficiency and dry matter remobilization of sunflower (*Helianthus annuus* L.) with various levels of nitrogen fertilizer. Journal of Science Agricultural and Sustainable Production 23(3): 27-45. (In Persian with English Summary).
43. Wang, H.G., Yu, Z.W., Zhang, Y.L., Wang, D., Shi, Y., and Xu, Z.Z. 2011. Effects of supplemental irrigation based on measuring soil water content on wheat photosynthetic characteristics and dry matter accumulation and allocation. Chinese Journal of Applied Ecology 22: 2495-2503.
44. Zarea, M.J., Mohammadi Goltapeh, E., Karimi, N., and Varma, A. 2013. Sustainable agriculture in saline-arid and semiarid by use potential of AM fungi on mitigates NaCl effects. Fungi as Bioremediators, Soil Biology: 347-369.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 11, No. 2, 2020, p. 36-49 (Research Article)

Changes in partitioning and remobilization of assimilate in Maragheh vetch (*Vicia sativa*) cultivar under the influence of biological fertilizers and supplementary irrigation in the integrated tree, and crop system

Heydarzadeh[1], S., Jalilian[2*], J., Pirzad[3], A. & Jamei[4], R.

1. Former PhD. Student of Plant Production and Genetics, Urmia University, Urmia, Iran; s.heydarzadeh@urmia.ac.ir
2. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Urmia University, Urmia, Iran; j.jalilian@urmia.ac.ir
3. Professor, Department of Plant Production and Genetics, Urmia University, Urmia, Iran; a.pirzad@urmia.ac.ir
4. Associate Professor, Department of Biology, Urmia University, Urmia, Iran; r.jamei@urmia.ac.ir

Received: 13 August 2018
Accepted: 11 February 2019

DOI: 10.22067/ijpr.v11i2.74730

Introduction

Vetch is one of the legume family that is widely cultivated as a cover crop, reduce erosion, and increase soil fertility. Drought stress that occurs during the reproductive growth period, adversely affects yield and yield components. Supplementary irrigation can be efficient technique to cope with the limited water availability and to stabilize the crop yields. Biological fertilizers such as mycorrhizal fungi, *Azotobacter* and *Thiobacillus spp* play an important role in sustainable agriculture. The mycorrhizal symbiosis with plants causes changes in plant water relations and thus improve drought resistance or tolerance in the host plant. *Azotobacter* has the potentiality to produce different types of amino acids, plant growth hormones, antifungal antibiotics, and siderophore and has a unique ability of atmospheric nitrogen fixation in the soil. The application of sulfur coupled with *Thiobacillus* spp renders alkali soils fit for cultivation of crops. The formation of sulphuric acid by *Thiobacillus* spp in soil increases the level of soluble P, K, Ca, Mg, Al and Mn ion. Therefore, this study was conducted to determine the effect of biofertilizers treatment on yield and some quality traits of Vetch (*Vicia sativa*) under Agroforestry system.

Materials and Methods

This factorial experiment was performed as a complete randomized block design with three replications at Urmia University in two years (2016 and 2017). Experimental treatments included once supplemental irrigation and dry farming as the first factor and application of biofertilizers at eight levels {Control (non-application of fertilizer), Mycorrhizal fungus (*Rhizophagus intraradices*), *Azotobacter, Thiobacillus* spp, *Azotobacter* + Mycorrhiza (*R. intraradices*), *Thiobacillus* spp + Mycorrhiza (R. *intraradices*), *Azotobacter* + *Thiobacillus* spp, *Azotobacter* + *Thiobacillus* spp + Mycorrhizal fungus (*R. intraradices*)} were the second factor. Supplementary irrigation treatment was applied at the flowering stage (10%) for two years. Vetch plants were harvested on 25-27th of June in two years. At harvest, from each treatment ten plants were taken randomly and plant height, pod per plant, seed per plant, 100 grain weight, were recorded. Whole plot was harvested for determination of seed yield. The analysis of variance for the two-year data was performed using GLM procedure (SAS 9.1.3, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) as combined over years. The effects of irrigation regimes, the application of biofertilizers and interactions of these two factors were analyzed using analysis of variance (ANOVA) and means were compared using Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ($P \leq 0.05$).

Results and Discussion

The results showed that supplementary irrigation increased the number of pods per plant and forage calcium content. But the highest rate and efficiency of photosynthetic materials remobilization and forage protein content were obtained in farming condition. Also, the number of pods per plant, the percentage of calcium and protein content of forage increased significantly due to the application of biological fertilizers.

[*] **Corresponding Author:** j.jalilian@urmia.ac.ir

Thus, the combined application of mycorrhizal + *Azotobacter* treatment increased the number of pods per plant, and protein content of forage by 15.55% and 18.88%, respectively, as compared to the Control. While

the highest rate and efficiency of photosynthetic materials remobilization were obtained in non-biofertilizer treatment (control). Supplementary irrigated vetch plants under combined application of mycorrhiza and *Azotobacter*, due to the having maximum amount of root colonization (63.45%) and relative water content (69.50%), had the highest number of seeds per plant (204.94) and 100 seed weight (4.47 g), which resulted in maximum seed yield (187.32 g/m^2). Generally, the results of the experiment showed that in rainfed conditions, the amount of remobilization of photosynthetic materials increased. Subsequently, in this situation, the efficiency of the remobilization and also the remobilization share in grain filling increased, which probably reduced the filling time of the seeds. Thus, increase in the filling speed of the seeds, can partly compensate for the reduction of the material's transfer time to the seed. In the absence of water stress, more material is transferred to the seeds and the final weight of the seeds increases, and consequently the final yield of the seeds increases.

Conclusion

Application of dual inoculation of mycorrhiza and *Azotobacter* could improve the uptake of yield and yield components in vetch under Agroforestry system. Therefore, according to the findings of this research, the combined use of biological fertilizers to increase yield and maintain long-term production in an agroforestry system under rain-fed conditions can be desirable for sustainable agriculture.

Keywords: *Azotobacter*, Efficiency of remobilization, Mycorrhiza, Sustainable agriculture, *Thiobacillus* spp